



① **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Off nlegungsschrift**
⑩ **DE 198 19 783 A 1**

⑤ Int. Cl.⁶:
G 01 P 3/488
G 01 B 7/14
G 01 D 5/244

⑳ Aktenzeichen: 198 19 783.7
㉑ Anmeldetag: 4. 5. 98
㉒ Offenlegungstag: 25. 11. 99

DE 198 19 783 A 1

㉓ **Anmelder:**
Mannesmann VDO AG, 60388 Frankfurt, DE

㉔ **Vertreter:**
Raßler, A., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 65824
Schwalbach

㉕ **Erfinder:**
Wallrafen, Werner, 65719 Hofheim, DE

㉖ **Entgegenhaltungen:**
DE 1 96 34 715 A1
DE 1 96 18 867 A1
DE 43 08 031 A1
DE 42 16 142 A1
DE 32 26 073 A1
DE-OS 24 59 749
US 49 02 970

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉗ **Verfahren und Schaltung zur Überprüfung der Weite des Luftspaltes bei einem Drehzahlsensor**

㉘ Bei einem Verfahren zur Überprüfung der Weite des Meß-Luftspaltes eines magnetischen Drehzahlsensors werden mittels mindestens eines vorgebbaren Schwellwertes aus den Meßsignalen des Sensors rechteckige Ausgangssignale erzeugt. Das Tastverhältnis der Ausgangssignale wird bei akzeptabler Spaltweite innerhalb eines vorgegebenen Bereiches gehalten. Bei Amplituden des Meßsignals außerhalb vorgegebener Grenzen weicht das Tastverhältnis sicher meßbar von dem vorgegebenen Bereich ab. Eine Schaltung weist die Mittel auf, um dieses Verfahren durchzuführen.

DE 198 19 783 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Schaltung zur Überprüfung der Weite des Luftspaltes zwischen einem magnetischen Fluß verändernden codierten Rotor und mindestens einem, zur Registrierung der Drehbewegung des Rotors vorgesehenen, magnetfeldempfindlichen Sensorelement, an das eine Schaltung angeschlossen ist, und in welchem durch die magnetische Veränderung bei Drehung des Rotors Meßsignale erzeugt werden, wobei die Meßsignale von der Schaltung in Ausgangssignale umgesetzt werden, die von einer angeschlossenen Steuereinrichtung auswertbar sind.

Drehzahlsensoren auf magnetischer Basis werden beispielsweise in Kraftfahrzeugen in Verbindung mit Antiblockiersystemen eingesetzt. Eine Schaltung für einen derartigen Sensor ist beispielsweise aus WO 96/10751 bekannt. Die Schaltung verändert die Form oder die Stärke eines Ausgangssignals in Abhängigkeit von der Luftspaltweite. Das Ausgangssignal wird von der angeschlossenen Steuereinrichtung ausgewertet. Der Aufwand für die Auswertung ist jedoch bei einer derartigen Vorgehensweise sehr hoch, da das Ausgangssignal nicht in diskreter Form vorliegt. Des weiteren ist die direkte Aufmodulation von Drehrichtungsinformationen ein unsicheres Verfahren, da Störungen einen starken Einfluß haben.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren und eine einfache, preiswerte Schaltung für einen magnetischen Drehzahlsensor zur Erzeugung eines diskreten Drehzahlsignals anzugeben, welches Informationen für die Weite des Luftspaltes enthält, wobei für die Weiterleitung dieses Signals an andere Einrichtungen über eine Leitungsverbindung zwei Leitungen ausreichen.

Diese Aufgabe wird mit dem erfindungsgemäßen Verfahren dadurch gelöst, daß mittels mindestens eines vorgebbaren Schwellwertes aus den Meßsignalen rechteckförmige Ausgangssignale erzeugt werden, daß das Tastverhältnis der rechteckförmigen Ausgangssignale bei innerhalb eines Toleranzbereichs liegender Luftspaltweite innerhalb eines vorgegebenen Bereichs gehalten wird und daß das Tastverhältnis bei Amplituden des Meßsignals außerhalb vorgegebener Grenzen sicher meßbar von dem vorgegebenen Bereich abweicht.

Bei einer ersten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, daß das Tastverhältnis bei innerhalb eines Toleranzbereichs liegender Luftspaltweite bei 50% innerhalb eines Toleranzbereichs von $\pm 15\%$ liegt und daß das Tastverhältnis bei Amplituden des Meßsignals außerhalb der vorgegebenen Grenzen mindestens 10% von den jeweiligen Grenzen des Toleranzbereichs abweicht. Ein Tastverhältnis von 50% ergibt eine hohe Sicherheit gegen Störeinflüsse.

Die erfindungsgemäße Schaltung, die zur Verwirklichung des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen ist, umfaßt

- eine Vergleicherschaltung, die mittels mindestens eines vorgebbaren Schwellwertes aus den Meßsignalen die Rechtecksignale erzeugt,
- eine Detektorschaltung, die aus der Amplitude der Meßsignale den Schwellwert derart ermittelt, daß das Tastverhältnis der Ausgangssignale innerhalb eines vorgegebenen Bereiches liegt, wobei die Detektorschaltung der Vergleicherschaltung den Schwellwert vorgibt, und
- einen Amplitudendiskriminator, der bei Amplituden des Meßsignals außerhalb vorgegebener Grenzen Signale zur Änderung des Schwellwertes derart erzeugt, daß das Tastverhältnis sicher meßbar von dem vorgege-

In einer ersten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Schaltung ist als Ausgangsstufe eine Stromquelle vorgesehen, die von der Steuereinrichtung über eine erste Leitung mit einer Spannung beaufschlagt ist und die über eine zweite Leitung einen die Ausgangssignale bildenden Strom der Steuereinrichtung zuführt. Dadurch ist es ohne großen Schaltungsaufwand möglich, daß die Schaltung über dieselben Leitungen eine annähernd konstante Betriebsspannung erhält, über die auch die Ausgangssignale in Form von Strompulsen zur Steuereinrichtung übertragen werden. Es sind also keine zusätzlichen Leitungen für die Übertragung der Signale notwendig.

Das Drehrichtungssignal kann ohne zusätzlichen Leitungsaufwand übertragen werden, wenn, wie es in einer ersten Weiterbildung der Erfindung vorgesehen ist, die Stromquelle in Abhängigkeit von der Drehrichtung des Rotors auf unterschiedliche Pegelwerte des Ausgangsstroms einstellbar ist. Die Drehrichtungsinformation kann dadurch über dieselben Leitungen wie alle übrigen Informationen übertragen werden.

In einer nächsten Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, daß der Sensor zwei magnetfeldempfindliche Sensorelemente aufweist, die derart angeordnet sind, daß ihre Meßsignale phasenversetzt sind. Aus der Verknüpfung der sich ergebenden Rechtecksignale mittels einer Exklusiv-Oder-Funktion ergibt sich ein Drehrichtungssignal.

Um mit dem Drehrichtungssignal die Stromquelle steuern zu können, sind bei einer nächsten Weiterbildung der Erfindung Mittel zur Erzeugung eines Drehrichtungssignals zur Darstellung der Drehrichtung des Rotors aufweist. Weiterhin ist vorgesehen, daß die Detektorschaltung an die Stromquelle das Drehrichtungssignal übermittelt und daß die Stromquelle in Abhängigkeit von dem Drehrichtungssignal die Amplitude des Ausgangsstroms ändert.

Die Ausgangssignale enthalten die Information der Drehrichtung. Darum ist bei einer nächsten vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, daß die Steuereinrichtung anhand der Amplitude des Ausgangsstromes der Schaltung die Drehrichtung des Rotors feststellt.

Bei zwei weiteren, alternativen Weiterbildungen der Erfindung ist vorgesehen, daß bei Amplituden des Meßsignals außerhalb vorgegebener Grenzen die Änderung des Schwellwertes durch den Amplitudendiskriminator stetig oder sprunghaft erfolgt. Der Fachmann kann im Einzelfall entscheiden, ob er zugunsten einer schärferen Abgrenzung der Tastverhältnisse die sprunghafte Änderung vorzieht, oder ob er zugunsten einer Darstellbarkeit von Zwischenwerten die stetige Änderung bevorzugt.

Vorzugsweise ist vorgesehen, daß der Rotor ein magnetisches Polrad ist.

Mehrere Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung anhand mehrerer Figuren dargestellt. Sie sind in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 eine erste erfindungsgemäße Schaltung,

Fig. 2 einen Ausschnitt einer zweiten erfindungsgemäßen Schaltung,

Fig. 3 den Meßspannungsverlauf zweier erfindungsgemäßer Schaltungen bei Drehrichtungswechsel und

Fig. 4 die Verläufe der Ausgangsspannung einer erfindungsgemäßen Schaltung bei verschiedenen Spaltweiten.

Gleiche Teile sind in den Figuren mit gleichen Bezugszeichen versehen.

In der Nähe des, beispielsweise mit einem Rad eines Kraftfahrzeuges verbundenen, als Polrad 1 ausgeführten Rotors, ist ein erfindungsgemäßer Drehzahlsensor 2 derart angeordnet, daß die Sensorelemente 3, 3' den Magnetpolen

4 des Polrades 1 mit einem geringen Abstand d gegenüberstehen. Das Polrad 1 dreht sich mit einer Winkelgeschwindigkeit ω . Die Änderungen der magnetischen Flüsse B_1, B_2 , die sich aufgrund der Bewegung des Polrades 1 ergeben, werden von den Sensorelementen 3, 3' in Meßsignale U_{B1}, U_{B2} umgesetzt. Die Amplituden der Meßsignale U_{B1}, U_{B2} hängen von der Luftspaltweite d ab. Je größer der Luftspalt desto kleiner ist der magnetische Fluß und desto kleiner ist die Amplitude des Meßsignals. Die Meßsignale U_{B1}, U_{B2} werden Verstärkern 5, 5' zugeleitet. Ein erstes verstärktes Meßsignal U_{B1} wird einer Vergleicherschaltung 6, einer Detektorschaltung 7 und einem Amplitudendiskriminator 8 zugeführt. Der Amplitudendiskriminator 8 erzeugt ein Signal p , falls die Amplitude des ersten Meßsignals U_{B1} außerhalb eines vorgegebenen Bereiches liegt. Das Signal p wird der Detektorschaltung 7 zugeführt und bewirkt dort eine Änderung des Schwellwertes I , den die Detektorschaltung 7 aus dem Meßsignal U_{B1} ermittelt. Der Schwellwert I wird der Vergleicherschaltung 6 zugeführt, die das Meßsignal U_{B1} mit dem Schwellwert I vergleicht und ein Rechtecksignal erzeugt. Die Frequenz dieses Rechtecksignals enthält die Drehzahl n des Polrades 1 als Information.

Die Änderung des Schwellwertes durch das Signal p des Amplitudendiskriminators 8 bewirkt eine Veränderung des Tastverhältnisses am Ausgang der Vergleicherschaltung 6. Auf diese Weise wird eine unzulässig kleine oder große Luftspaltweite d durch ein stark verändertes Tastverhältnis angezeigt. Das Tastverhältnis dient somit als Information darüber, ob die Luftspaltweite d von einem vorgegebenen Toleranzbereich nach oben oder unten abweicht.

Die Ausgangssignale U_S der Vergleicherschaltung 6 werden von einer steuerbaren Stromquelle 9 in Stromsignale I_S gewandelt. Die Stromquelle 9 versorgt sich über eine erste Anschlußleitung 10, die mit einer Steuereinrichtung 11 verbunden ist, mit Strom. Von einer zweiten Anschlußleitung 10' werden in der Steuereinrichtung 11 den Stromsignalen I_S entsprechende Spannungssignale U_S über einem Lastwiderstand R_L abgegriffen. Die Leitungen bilden zugleich die beiden Pole der Betriebsspannungsvorsorgung des Sensors 2, von denen U_{B+} und U_{B-} nach Filterung und Stabilisierung den einzelnen Schaltungen 3, 5 bis 8 zugeführt werden.

Die in Fig. 1 gestrichelt dargestellten Teile der Schaltung sind optional vorgesehen für den Fall, daß neben der Drehzahl auch die Drehrichtung bestimmt werden soll. Die beiden Sensorelemente 3, 3' sind so angeordnet, daß die ausgehenden Meßsignale B_1, B_2 um etwa 90° phasenverschoben sind. Die Meßsignale B_1, B_2 werden in der Detektorschaltung 7 in bekannter Weise, beispielsweise über eine Exklusiv-Oder-Schaltung XOR und eine weitere Vergleicherschaltung 6', in ein Drehrichtungssignal $\text{sign}(\omega)$ umgesetzt. Die Stromquelle 9 ist derart ausgebildet, daß sie in Abhängigkeit von diesem Signal zwei verschiedene Pegel für I_S einstellt. Die Steuereinrichtung 11 kann somit an dem Pegel I_S erkennen, in welcher Richtung sich das Polrad 1 dreht. Damit spart man eine dritte Leitungsverbindung zwischen dem Sensor 2 und der Steuereinrichtung 11.

In Fig. 2 ist eine Auswerteschaltung dargestellt, wie sie beispielsweise in der Steuereinrichtung 11 vorgesehen sein kann. Sie besteht aus zwei Vergleicherschaltungen 20, 20', die das codierte Ausgangssignal U_S mit zwei verschiedenen Vergleichsspannungen U_{11} und U_{12} vergleichen. Die Ausgangssignale werden einem Mikrocomputer 21 zugeführt, der daraus die Drehzahl n , die Drehrichtung $\text{sign}(\omega)$, sowie die Spaltweitendiagnose d aus dem Tastverhältnis ermittelt.

Die an den Leitungsverbindungen zwischen den Vergleicherschaltungen 20, 20' und dem Mikrocomputer 21 dargestellten Signalverläufe beziehen sich auf die Beispiele in

Fig. 3. Zum Zeitpunkt t_G wird die zuvor positive Drehrichtung negativ. Die Vergleichsspannung U_{11} ist gerade so eingestellt, daß sie kleiner ist als die kleinere der beiden Signalamplituden. U_{12} liegt zwischen der größeren und der kleineren Signalamplitude.

Im Beispiel A wird die Vergleichsspannung U_{12} bei negativer Drehrichtung nie überschritten; das Signal A_2 bleibt ab dem Zeitpunkt t_G konstant auf niedrigem Niveau. Das Signal A_1 verläuft dagegen bei jeder Drehrichtung rechteckförmig, weil die Vergleichsspannung U_{11} bei jeder Drehrichtung von den Signalimpulsen überschritten wird. Im Beispiel B wird die Vergleichsspannung U_{12} nur bei negativer Drehrichtung von den Signalimpulsen überschritten. Die Vergleichsspannung U_{11} wird bei positiver Drehrichtung nur während der Signalimpulse überschritten und bei negativer Drehrichtung dauernd. In der Folge zeigt das Signal B_2 bei positiver Drehrichtung einen konstanten Verlauf auf niedrigem Niveau. Das Signal B_1 verläuft bei negativer Drehrichtung konstant auf hohem Niveau. In den anderen Bereichen sind die Signale rechteckförmig. Sie haben dort die gleiche Frequenz wie das Signal U_S . Im Beispiel A ist die Drehrichtung also dann negativ, wenn das Signal A_2 konstant ist. Im Beispiel B ist die Drehrichtung negativ, wenn das Signal B_1 konstant ist. Ansonsten ist die Drehrichtung positiv.

Auf diese Weise entstehen bei den Beispielen A und B jeweils zwei Signale A_1 und A_2 bzw. B_1 und B_2 . Der Mikrocomputer erkennt aus den beiden Signalen die Drehrichtung $\text{sign}(\omega)$, die Drehzahl n und auch die Spaltendiagnose d , denn das Tastverhältnis der Rechtecksignale A_1, A_2, B_1, B_2 ist das gleiche wie das von U_S .

Fig. 3 zeigt Ausgangssignale U_S für beide Beispiele A und B. Im Beispiel A erzeugt die Stromquelle bei positiver Drehrichtung eine größere Amplitude des Stroms als bei negativer Drehrichtung. Im Beispiel B wird dem Ausgangssignal U_S bei negativer Drehrichtung ein zusätzlicher Gleichanteil hinzugefügt. Die Steuereinrichtung 11 erkennt anhand der Amplitude bzw. des Gleichanteils des Ausgangssignals U_S die Drehrichtung des Polrades 1. Beispiel A hat den Vorteil, daß das Ausgangssignal U_S bei positiver Drehrichtung einen größeren Abstand zwischen der Signalspannung und Störspannungen aufweist.

Das im Normalbetrieb eingestellte Tastverhältnis t_i/T liegt bei etwa 50%. Falls die Luftspaltweite außerhalb eines vorgegebenen Normbereichs liegt, wird das Tastverhältnis von der Vergleicherschaltung 6 verändert. In Fig. 4 ist das Ausgangssignal U_S bei verschiedenen Tastverhältnissen dargestellt. In Fig. 4a ist der Luftspalt zu klein; das Tastverhältnis ist entsprechend kleiner eingestellt. Fig. 4b zeigt den Normalzustand und Fig. 4c den Zustand bei zu großer Luftspaltweite.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Überprüfung der Weite des Luftspaltes zwischen einem einen magnetischen Fluß verändernden codierten Rotor und mindestens einem, zur Registrierung der Drehbewegung des Rotors vorgesehenen, magnetfeldempfindlichen Sensorelement, an das eine Schaltung angeschlossen ist, und in welchem durch die magnetische Veränderung bei Drehung des Rotors Meßsignale erzeugt werden, wobei die Meßsignale von der Schaltung in Ausgangssignale umgesetzt werden, die von einer angeschlossenen Steuereinrichtung auswertbar sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß mittels mindestens eines vorgebbaren Schwellwertes (I) aus den Meßsignalen (U_{B1}, U_{B2}) rechteckförmige Ausgangssignale (I_S) erzeugt werden, daß das Tastverhältnis (t_i/T) der rechteckförmigen Aus-

gangssignale (I_S) bei innerhalb eines Toleranzbereichs liegender Luftspaltweite (d) innerhalb eines vorgegebenen Bereiches gehalten wird und daß das Tastverhältnis (t/T) bei Amplituden des Meßsignals (U_{B1} , U_{B2}) außerhalb vorgegebener Grenzen sicher meßbar von dem vorgegebenen Bereich abweicht.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Tastverhältnis (t/T) bei innerhalb eines Toleranzbereiches liegender Spaltweite (d) bei 50% innerhalb eines Toleranzbereichs von $\pm 15\%$ liegt und daß das Tastverhältnis (t/T) bei Amplituden des Meßsignals außerhalb der vorgegebenen Grenzen mindestens 10% von den jeweiligen Grenzen des Toleranzbereichs abweicht.

3. Schaltung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 oder 2 mit einem Drehzahlsensor mit Mitteln zur Überprüfung der Weite des Luftspaltes zwischen einem einen magnetischen Fluß verändernden codierten Rotor und mindestens einem, zur Registrierung der Drehbewegung des Rotors vorgesehenen, magnetfeldempfindlichen Sensorelement, an das die Schaltung angeschlossen ist, und in welchem durch die magnetische Veränderung bei Drehung des Rotors Meßsignale erzeugt werden, wobei die Meßsignale von der Schaltung in Rechtecksignale umgesetzt werden, die von einer angeschlossenen Steuereinrichtung auswertbar sind, gekennzeichnet durch

- eine Vergleicherschaltung (6), die mittels mindestens eines vorgebbaren Schwellwertes (I) aus den Meßsignalen (U_{B1} , U_{B2}) die Rechtecksignale (U_S) erzeugt,
- eine Detektorschaltung (7), die aus der Amplitude der Meßsignale (U_{B1} , U_{B2}) den Schwellwert (I) derart ermittelt, daß das Tastverhältnis (t/T) der Ausgangssignale (I_S) innerhalb eines vorgegebenen Bereiches liegt, wobei die Detektorschaltung (7) der Vergleicherschaltung (6) den Schwellwert (I) vorgibt, und
- einen Amplitudendiskriminator (8), der bei Amplituden des Meßsignals (U_{B1} , U_{B2}) außerhalb vorgegebener Grenzen Signale (p) zur Änderung des Schwellwertes (I) derart erzeugt, daß das Tastverhältnis (t/T) sicher meßbar von dem vorgegebenen Bereich abweicht.

4. Schaltung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß als Ausgangsstufe eine Stromquelle (9) vorgesehen ist, die von der Steuereinrichtung (11) über eine erste Leitung (10) mit einer Spannung (U_S) beaufschlagt ist und die über eine zweite Leitung (10') einen die Ausgangssignale bildenden Strom (I_S) der Steuereinrichtung (11) zuführt.

5. Schaltung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Stromquelle (9) in Abhängigkeit von der Drehrichtung ($\text{sign}(\omega)$) des Rotors (1) auf unterschiedliche Pegelwerte des Ausgangsstroms (I_S) einstellbar ist.

6. Schaltung nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor (2) zwei magnetfeldempfindliche Sensorelemente (3, 3') aufweist, die derart angeordnet sind, daß ihre Meßsignale (U_{B1} , U_{B2}) phasenversetzt sind.

7. Schaltung nach einem der Ansprüche 3 bis 6, gekennzeichnet durch Mittel (XOR) zur Erzeugung eines Drehrichtungssignals ($\text{sign}(\omega)$) zur Darstellung der Drehrichtung des Rotors (1).

8. Schaltung nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Detektorschaltung (7) an die Stromquelle (9) das Drehrichtungssignal

($\text{sign}(\omega)$) übermittelt und daß die Stromquelle (9) in Abhängigkeit von dem Drehrichtungssignal ($\text{sign}(\omega)$) die Amplitude des Ausgangsstroms (I_S) ändert.

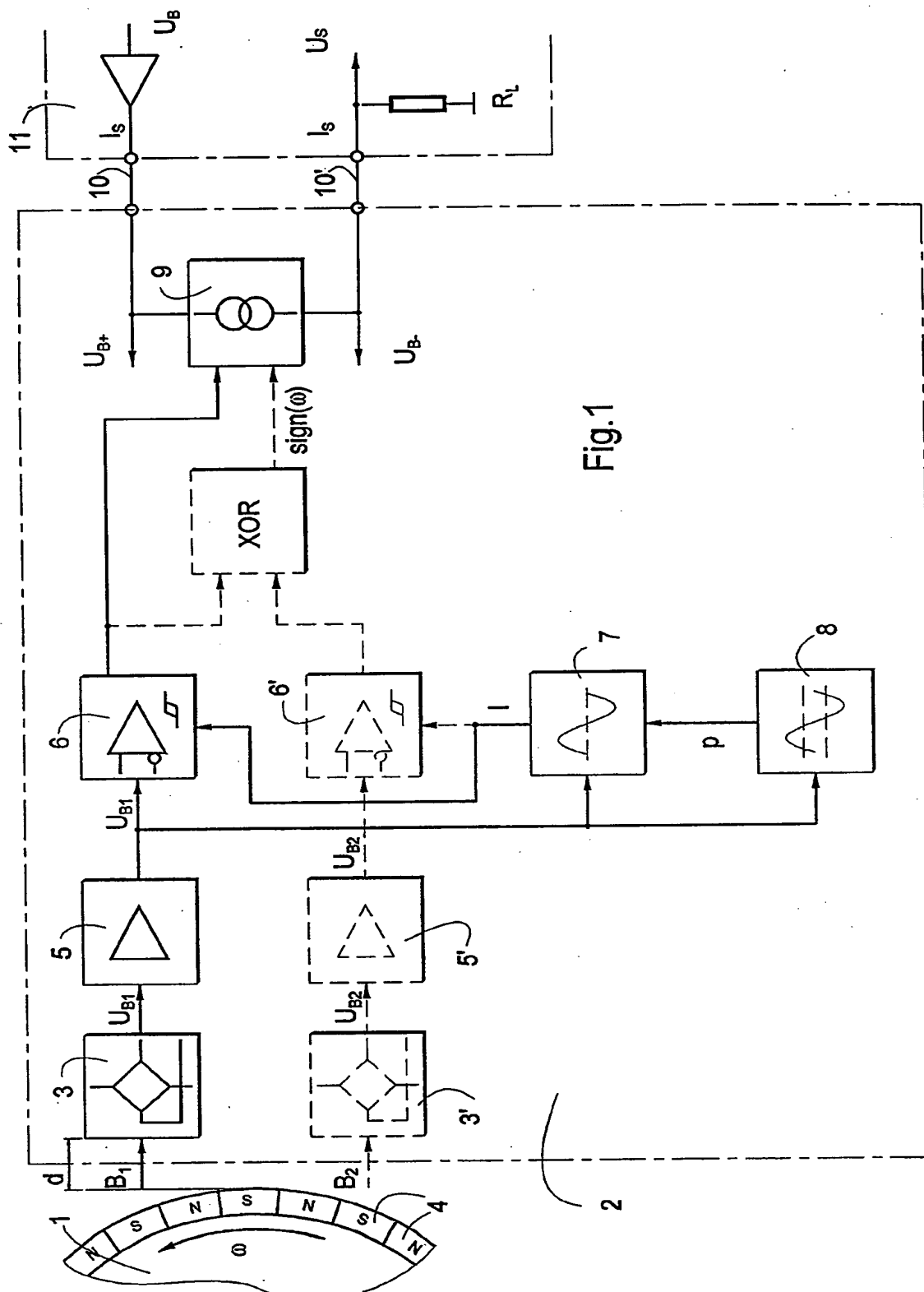
9. Schaltung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinrichtung (11) anhand der Amplitude des Ausgangsstroms (I_S) der Schaltung (2) die Drehrichtung ($\text{sign}(\omega)$) des Rotors (1) feststellt.

10. Schaltung nach einem der Ansprüche 3 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß bei Amplituden des Meßsignals (U_{B1} , U_{B2}) außerhalb vorgegebener Grenzen die Änderung des Schwellwertes (I) durch den Amplitudendiskriminator (8) stetig erfolgt.

11. Schaltung nach einem der Ansprüche 3 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß bei Amplituden des Meßsignals (U_{B1} , U_{B2}) außerhalb vorgegebener Grenzen die Änderung des Schwellwertes (I) durch den Amplitudendiskriminator (8) sprunghaft erfolgt.

12. Schaltung nach einem der Ansprüche 3 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Rotor ein magnetisches Polrad ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen



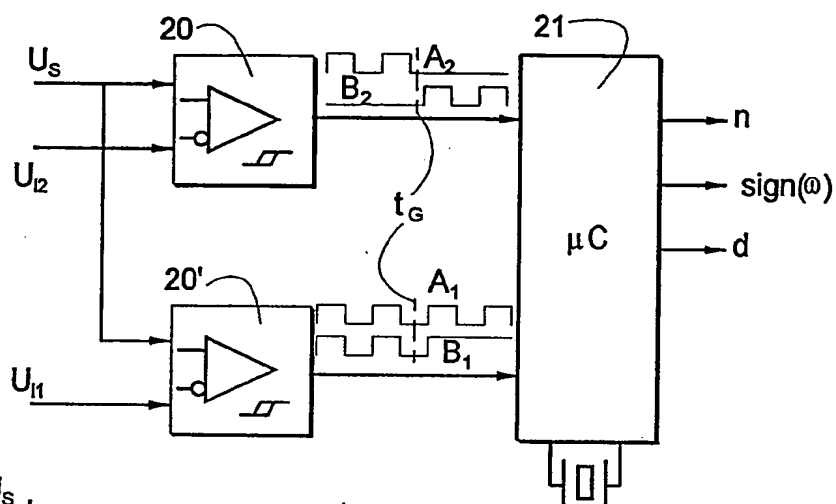


Fig.2

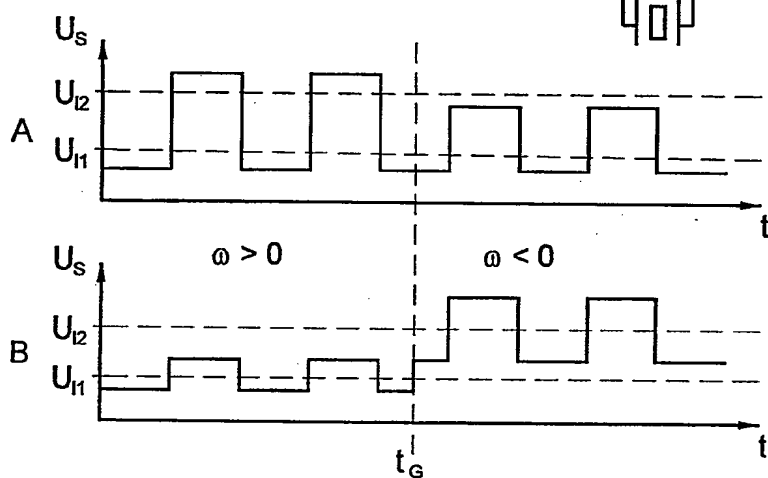


Fig.3

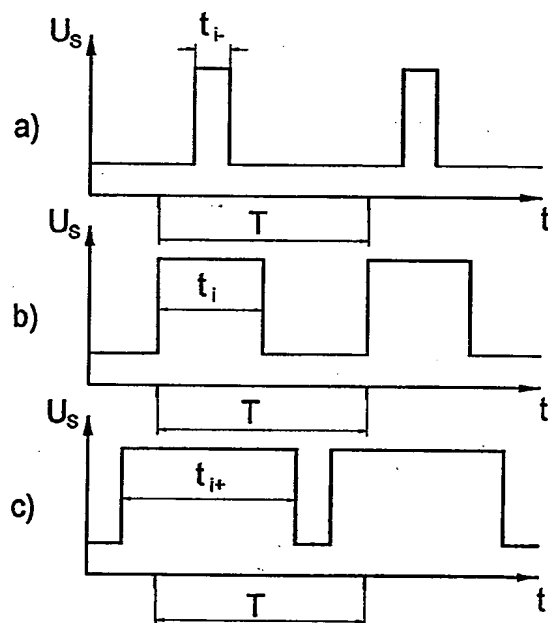


Fig.4